

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ГИДРОТУРБИН

Гидротурбина преобразует механическую энергию воды (её энергию положения, давления и скоростную) в энергию вращающегося вала. Основным рабочим органом гидротурбины, в котором происходит преобразование энергии, является рабочее колесо. По принципу действия гидротурбины делятся на активные и реактивные.

Турбины, использующие только кинетическую энергию потока называют активными. Вода подводится к рабочему колесу в активных гидротурбинах через сопла, в реактивных – через направляющий аппарат. В активной гидротурбине вода перед рабочим колесом и за ним имеет давление, равное атмосферному.

Гидротурбины, использующие хотя бы частично потенциальную энергию давления называют реактивными. В них процесс преобразования энергии происходит при давлении на входе, превышающем атмосферное давление. При этом частично используется и скоростной напор [1].

Почти все гидравлические турбины /генераторы вращаются с постоянной скоростью. Постоянная скорость, с которой работает один тип турбины/ генератора, может значительно отличаться от скорости другого типа. Оптимальная скорость для каждого типа турбины определяется во время ее проектирования. При разработке генератора эта скорость также учитывается.

Каждую турбину характеризует коэффициент быстроходности, численно равный частоте вращения вала гидротурбины, развивающей при напоре 1 м мощность 0,7355 кВт (1 л. с.). Чем больше этот коэффициент, тем больше частота вращения вала при заданных напоре и мощности. Гидротурбина и электрический генератор обходятся дешевле при увеличении частоты их вращения, поэтому стремятся строить гидротурбину с возможно большим коэффициентом быстроходности. Однако в реактивных гидротурбинах этому препятствует явление кавитации, вызывающее вибрацию агрегата, снижение коэффициента полезного действия гидротурбины и разрушение материала гидротурбин[2].

В современной гидротурбине полный коэффициент полезного действия равен 0,85%-0,92% и зависит от их конструктивных особенностей. Так, например, ковшовые турбины (Турбины Пелтона) (рис. 1) применяются при больших напорах. Напорный трубопровод заходит в здание гидроэлектростанции и заканчивается соплом, направляющим струю на рабочее колесо турбины. Струя воды, вылетающая из сопла, прокатывается по вогнутой поверхности ковша и изменяет направление своего движения на противоположное.

Сопло турбины служит для регулировки количества поступающей воды. Игла, перемещаемая внутри сопла, меняет сечение канала и расход воды, поступающий на колесо турбины.

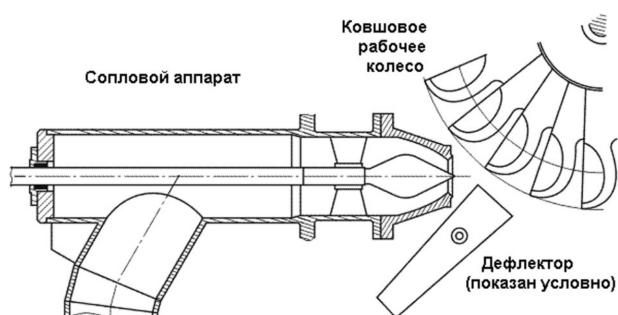


Рис. 1. Схема сопла с игольчатым клапаном (ковшовая турбина Пелтона)

Кроме сопла для регулировки параметров турбины применяют дефлектор, представляющий собой препятствие, находящееся между соплом и ковшом, которое отклоняет струю и уменьшает силу воздействия струи на ротор гидроагрегата. Дефлектор позволяет избежать гидравлических ударов при регулировании турбины. При регулировании струи только иглой в случае резкого падения электрической нагрузки перекрывает выход воды, что вызывает гидравлический удар в

трубопроводе, и возможность его повреждения. Отработанная вода стекает в нижний бьеф. Поэтому для уменьшения потерь напора сопло и турбина должны располагаться как можно ниже к уровню стока. Корпус турбины служит для защиты отбрызг помещения гидроэлектростанции делается больших размеров [3].

Кроме того, существуют турбины поперечного течения (турбина Банки) (рис. 2), особенностью которых является то что струя прямоугольного сечения проходит дважды сквозь лопасти, установленные на периферии цилиндрического ротора перпендикулярно к его оси. Вода течёт сквозь лопасти сначала в направлении от периферии ротора к его центру, а затем, после пересечения открытого пространства внутри ротора, от внутренней части за пределы. Превращение энергии происходит дважды: в начале, во время "попадания" воды на лопасти на входе, и затем, когда вода "ударяет" по лопастям на выходе из ротора. Использование двух рабочих фаз не обеспечивает никакого особенного преимущества за исключением того, что это очень эффективный и простой способ отвода воды из ротора.

Турбины поперечного течения могут использоваться при напоре от 2 м до более, чем 100 м. Изменяя ширину ротора и размеры входного отверстия, турбину с постоянным диаметром ротора можно приспособить к различным величинам потока воды. В выпускаемых роторах соотношение "ширина к диаметру" составляет от 0.2 до 4.5. Для широких роторов опорные диски приваривают к валу через равные интервалы для предотвращения изгиба лопастей [4].

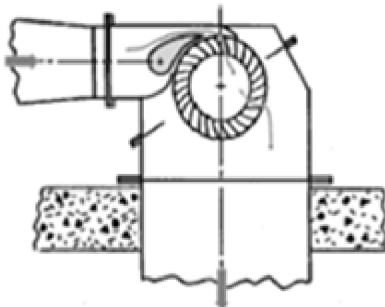


Рис. 2. Поперечно-струйная турбина Банки

Наряду с вышеизложенными турбинами применяются пропеллерные турбины (Турбина Каплана) (рис. 3), которая имеет самую высокую быстроходность среди всех типов турбин. В этой турбине площадь, сквозь которую протекает вода, равняется всей площади, охватываемой лопастями. По этой причине турбины Каплана применимы для очень больших объемов водяных потоков. Этот тип турбины используется там, где напор составляет всего несколько метров. Что позволяет при малых скоростях от тока получать более высокую скорость вращения. Поэтому пропеллерные турбины применяют при самых низких напорах, когда скорости потока невелики.

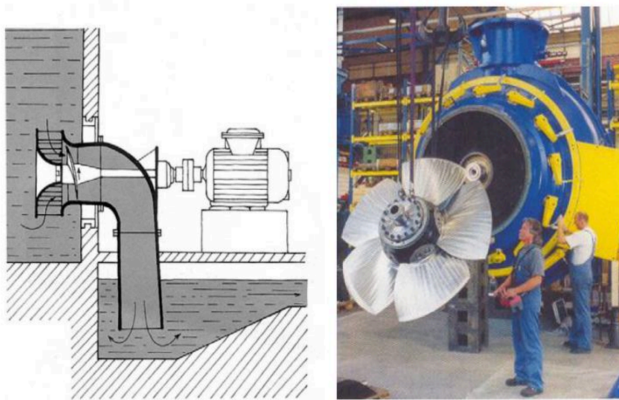


Рис. 3. Пропеллерная осевая турбина Каплана

По внешнему виду рабочее колесо пропеллерной турбины похоже на вентилятор.

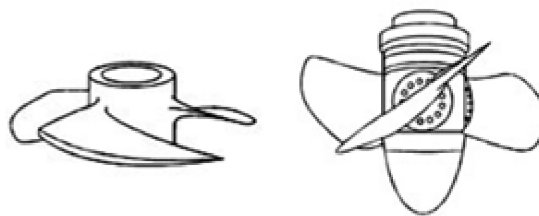


Рис. 4. Пропеллерная турбина с фиксированными лопастями и Поворотно - лопастная турбина

Лопасте в турбине могут изготавливаться, как фиксированными, так и поворотными (рис. 4). В первом случае лопасти неподвижно закреплены под выбранным углом, соответствующим рабочему напору и оптимальной нагрузке генератора. Поворотные лопасти оправдано применять в больших турбинах при значительных колебаниях напора и работы генератора в условиях с переменной нагрузкой. С помощью поворотных лопастей можно поддерживать неизменную частоту вращения рабочего колеса и частоту вырабатываемого напряжения в генераторах.

В пропеллерной турбине имеется направляющий аппарат, который служит для подачи потока воды под нужным углом на лопасти турбины для достижения максимального коэффициента полезного действия. Направляющий аппарат позволяет регулировать мощность турбины, а так же, в некоторых случаях, полностью прекращать доступ воды к рабочему колесу турбины.

Существуют различные конструкции турбины Каплана. Их применяют при напоре от 1 м до 30 м. При таких условиях для получения соответствующей выходной мощности требуется относительно большой поток по сравнению с турбинами, работающими при сильном напоре. Поэтому габариты этих турбин достаточно большие [5].

В большинстве случаев, при наличии большого или малого потока воды, а также при разных уровнях напора, используется турбина радиального потока или турбина Френсиса. Вода на рабочее колесо радиально-осевой турбины поступает с наружной стороны колеса и движется по радиусу к центру турбины (рис. 5). Пройдя между лопастями сложной пространственной изогнутой формы, вода отдает энергию ротору, заставляя его вращаться.

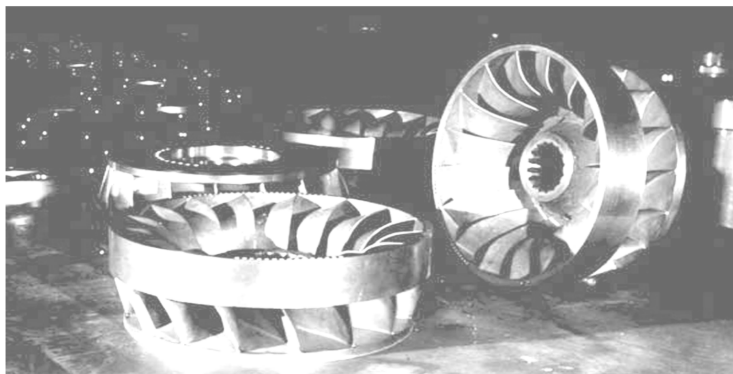


Рис. 5. Радиально-осевая (турбина Френсиса)

Для правильной и равномерной подачи воды по всей окружности рабочего колеса, оно оснащено спиральной камерой (рис. 6). Между спиральной камерой и колесом помещается направляющий аппарат, состоящий из лопастей, направляющих воду на рабочее колесо турбины под нужным углом.

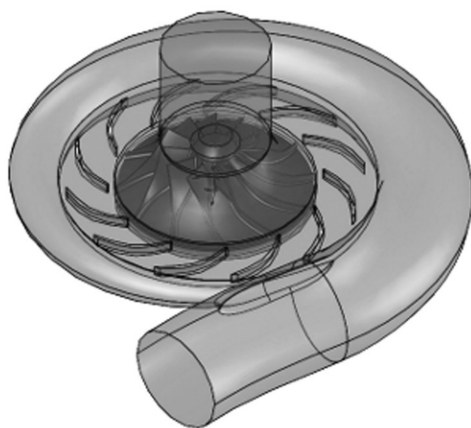


Рис. 6. Схема спиральной камеры и направляющего аппарата турбины Фрэнсиса

Направляющие лопасти в турбине Фрэнсиса направляют поток воды так же, как и сопло турбины Пелтона. Вода "освобождается" через выходное отверстие в центре турбины. Турбина Фрэнсиса намного сложнее по своей конструкции, чем турбина Пелтона.

В радиально-осевых турбинах существует опасность гидравлического удара в напорном трубопроводе. Для предотвращения гидравлического удара вследствие резкого изменения потока воды турбина Фрэнсиса оснащена клапанами сброса давления, которые не только ограничивают увеличение давления, но и предотвращают взбалтывание осадка в трубах вследствие гидравлического удара.

Существует множество конструкций турбины Фрэнсиса, благодаря чему может быть использован напор воды от 30 м до 700 м. Наиболее мощные турбины Фрэнсиса имеют номинальную мощность до 800 МВт [6].

Каждый тип из рассмотренных ранее гидротурбин соответствует определенному виду напора и расхода воды и имеет свою преимущественную область применения [7].



Рис. 7. Область применения гидротурбин

ЛИТЕРАТУРА

1. А.М. Антонова, Б.Ф. Калугин, М.А. Вангер. Общая Энергетика. Томск 2003 г. 387 с.
2. Гидравлические турбины и насосы. Учеб.пособие для энерг. и политехнич. вузов. М., «Вышш. школа», 1969 – 400 стр. с. илл.
3. Шварцбург Б. И. Технология производства гидравлических машин. М., «Машиностроение», 1978 – 352 стр. с илл.
4. В.В. Барлит. Гидравлические турбины. М. 1987 г. 328 с
5. European Small Hydropower Association – ESHA <http://www.esha.be/>
6. Гидравлические турбины. Барлит В. В. Киев, Издательское объединение «Высшая школа», 1977 – 360 стр. с илл. <http://www.energy-alliance.spb.ru>
7. DIERET – дистанционный интернет курс «Технологии использования возобновляемых источников энергии», <http://www.ecomuseum.kz>

Резюме

Бұл мақалада елеулі мәселелерінің бірі – жаңартылған энергия көздерінің түрлендіргіштер саласына жататын гидротурбиналар қарастырылған. Қолданылатын гидротурбиналардың негізгі түрлеріне, олардың сипаттамасына және қолдану облысына құрама талдау жасалынған.

Summary

The article describes one of the most pressing issues in the field of converters of renewable energy sources – hydraulic turbines. Summary analysis of the main used types of hydraulic turbines is done, their characteristics and field of their usage is shown.

КазНТУ им. К.И. Сатпаева

Поступила 06.04.12 г.